Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos.

DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS

RESUMEN EJECUTIVO

- N° SKM
- XI01461-0000-ECH-IN-E1-001_Resumen Ejecutivo
- Revisión
- D

Contenido

Historial y Estado del documento

Rev.	Elabora	Revisa	Aprueba	Fecha Aprob.	Gte.de Proyecto SKM	Gte.de Proyecto CLIENTE	Tipo de Revisión

Distribución de copias

Revisión	DT N°	Cantidad	Fecha	Emitido para

Impreso:	29 de diciembre de 2014
Guardado:	29 de diciembre de 2014
Nombre del archivo:	XI01461-0000-ECH-RP-E1-200_Capitulo 3
Autor:	
Gerente de Proyecto:	MARCELO VARGAS ORMEÑO
Nombre de Registro:	\\cl-scl-app06\am\vault,d-xirh\xi01461 plan maestro río rahue\200 entregables\202 ingenieria\04 hidraulica\etapa iii\01 documentos\xi01461-0000-ech-rp-e1-200_capitulo 3.doc
Nombre del Proyecto:	DIAGNOSTICO PLAN MAESTRO DE CAUCES DE LA CUENCA DEL RIO RAHUE, PROVINCIA DE OSORNO, REGION DE LOS LAGOS
Nombre del documento:	**ETAPA III ANALISIS HIDRAULICO FLUVIAL**
Versión de documento:	E
Número del Proyecto:	XI01461

1. Introducción

1.1 Generalidades

La Dirección Regional de Obras Hidráulicas de la Región de los Lagos, ha licitado el estudio "Diagnóstico Plan Maestro de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de los Lagos", el cual ha sido adjudicado a nuestra empresa SKM-IRH SpA.

1.2 Objetivos

Formular un diagnóstico actualizado del Río Rahue y del Río Forrahue en tramos específicos, que exponga la condición existente en cuanto a los siguientes problemas.

i) Erosión.
ii) Inundabilidad de riberas.
iii) Extracción de áridos.
iv) Conflictos de deslindes
v) Otras intervenciones del cauce.

Elaborar un Plan de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, que proponga mejoras a su condición actual, integrando de la mejor forma posible las actividades y/o usos que se realizan en él y sus riberas adyacentes, dentro del marco de las necesidades hidráulicas del cauce

1.3 Etapas del Estudio

Para alcanzar los objetivos planteados en la presente Consultoría, el estudio se ha divido en 5 etapas que consideraron las siguientes labores: recopilación, análisis antecedentes y catastro; levantamiento topográfico, estudios básicos, diagnóstico y elaboración del Plan de Manejo de Cauces.

1.4 Área de Estudio

El área de estudio se ubica en la hoya hidrográfica del río Rahue. El presente trabajo se focalizó en tramos específicos del río Rahue, de su cuerpo receptor el río Bueno y río Forrahue (tributario del río Negro que a su vez es tributario del río Rahue).

Los tramos específicos que forman parte de este estudio son los siguientes:

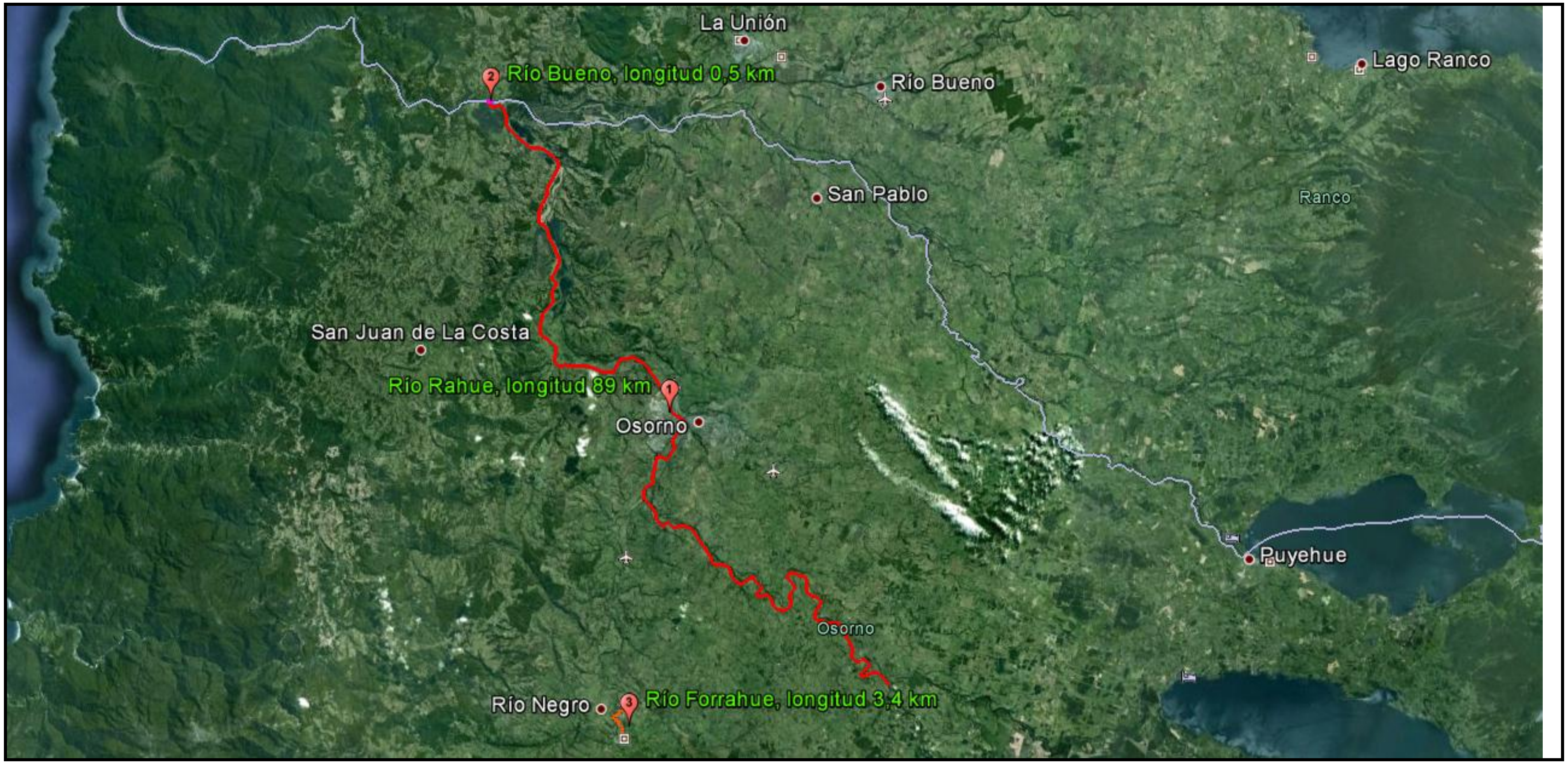
- Río Rahue, en color rojo, abarca desde la confluencia con el río Coihueco, hasta su confluencia con el río Bueno con una longitud de 89 km.

- Río Bueno, se extiende en una longitud de 0,5 km en dirección aguas abajo de la confluencia con el río Rahue.

- Río Forrahue, en color naranja, abarca desde el puente ferroviario hasta 0,4 km aguas abajo del puente Escuela Agrícola, con una longitud de 3,4 km.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los cauces que conforman el presente trabajo.

Figura 1-1: Ubicación del área de estudio



2. Catastro

Este Consultor realizó las labores de catastro, trabajos que tuvieron una duración de 6 días, en el cual dos profesionales de nuestra empresa realizaron el recorrido de los tramos en estudio por los cauces del río Rahue y Forrahue.

El objetivo de este trabajo fue realizar la identificación de las obras que se encuentran en las riberas de los cauces. La ubicación de las obras detectadas se informa en coordenadas referidas al sistema WGS-84.

El resultado del recorrido de catastro se presenta en la siguiente tabla resumen:

Tabla 2-1: Resumen de obras catastradas

Tipo de Obra	Cantidad por obras, Río Rahue	Cantidad por obras, Río Forrahue
Puntos Extracción agua	33	
Captaciones	3	1
Descargas	40	4
Defensas Fluviales		
Muros	1	5
Enrocados	2	0
Gaviones	2	1
Pretiles	2	0
Puentes	11	4
Pasarelas	2	1
Otros (Estaciones Fluviométrica y cámaras de hormigón por definir, impulsiones).	3	1
TOTAL OBRAS	**99**	**17**

3. Muestreo de Calicatas y Análisis Granulométrico

La mecánica de suelos desarrollada corresponde a la realización de catorce calicatas, de las cuales doce se realizaron en el tramo en estudio del río Rahue y dos en el tramo en estudio del río Forrahue. En las siguientes Tablas se entrega la ubicación de las calicatas ejecutadas.

Tabla 3-1: Ubicación calicatas ejecutadas en río Rahue

N°	Sector	Coordenadas	
		Norte	Este
1	Junta Ríos Coihueco y Rahue	5.484.731,36	672.794,88
2	Cancura	5.485.570,96	670.587,81
3	Pichil	5.491.867,63	667.481,99
4	Las Quemas	5.494.280,4	660.221,03
5	Aguas Arriba Pte. Caipulli	5.498.255,05	655.848,31
6	Aguas Abajo Pte. Caipulli	5.500.794,72	653.387,57
7	Antes de Osorno	5.503.826,00	654.410,48

Tabla 3-1: Ubicación calicatas ejecutadas en río Rahue

N°	Sector	Coordenadas	
		Norte	Este
8	Puente San pedro Viejo	5.507.031,23	656.895,13
9	Los Boldos	5.511.650,23	649.611,44
10	Estación Rahue en Forrahue	5.512.529,17	646.522,49
11	Quilacahuín	5.528.995,18	647.128,27
12	Junta Ríos Rahue y Bueno	5.533.494,84	641.942,52

Coordenadas UTM; Datum WGS 84

Tabla 3-2: Ubicación calicatas ejecutadas en río Forrahue

N°	Sector	Coordenadas	
		Norte	Este
13	Puente ferroviario	5.481.672,45	650.914,38
14	Toma molino Schott	5.483.272,27	650.276,12

Coordenadas UTM; Datum WGS 84

Para cada una de ellas se definió su estratigrafía, realizando una macrogranulometría para cada estrato identificado. En términos generales se presenta una granulometría uniforme que involucra desde bolones pequeños de forma redondeada y sub-redondeada hasta arenas muy finas, que permite clasificar al suelo como arena y gravas arenosas, dando cuenta de un lecho de origen principalmente fluvial.

4. Estudio Hidrológico

El estudio hidrológico tiene por objetivo efectuar una caracterización de los caudales a nivel de máximos instantáneos y medios mensuales de los ríos Rahue y Forrahue, de tal forma de permitir modelar hidráulicamente el comportamiento de ambos ríos.

Los puntos de control a considerar fueron los siguientes:

a) Río Rahue

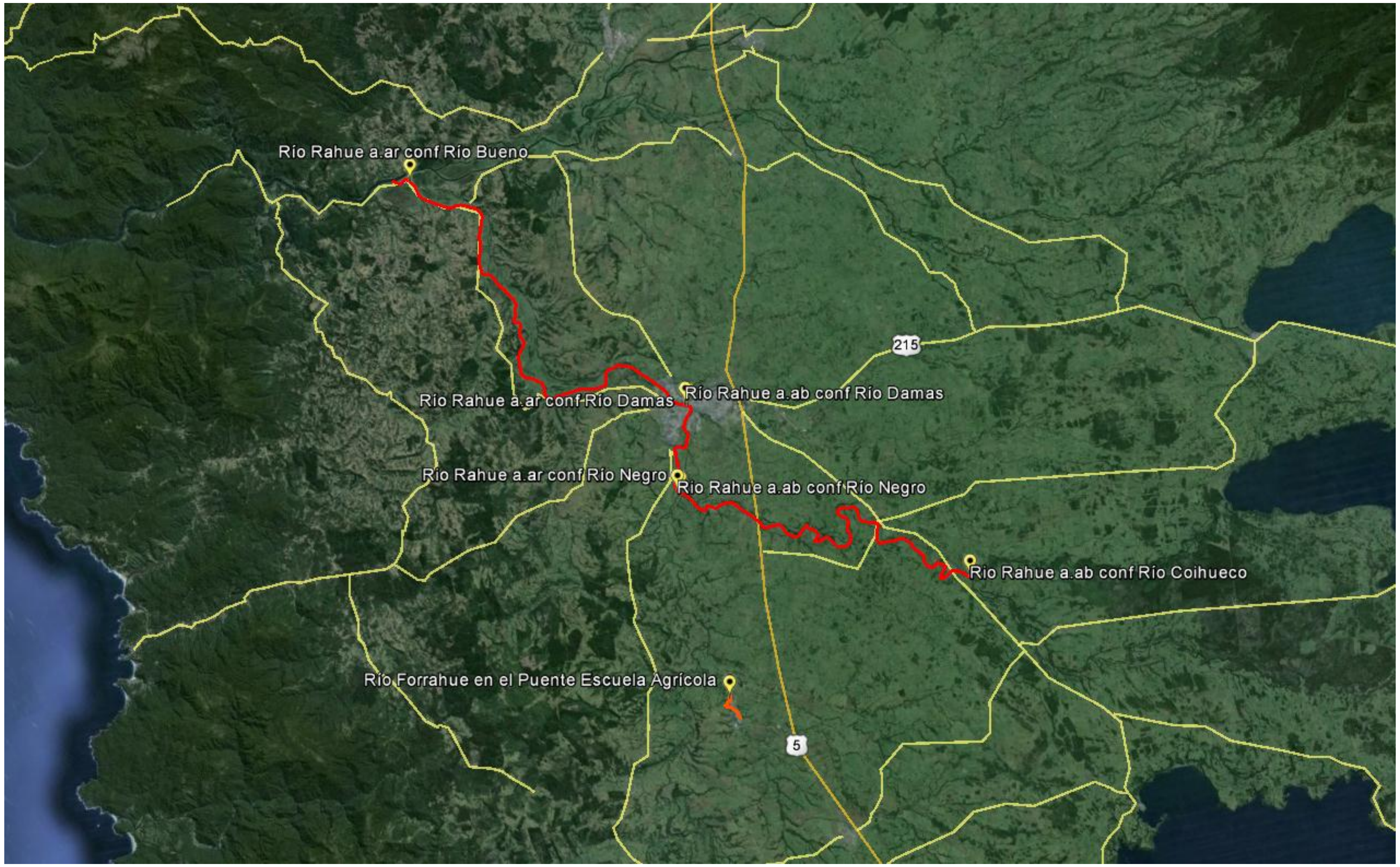
- Río Rahue aguas abajo de la confluencia con el Río Coihueco
- Río Rahue aguas arriba de la confluencia con el Río Negro
- Río Rahue aguas abajo de la confluencia con el Río Negro
- Río Rahue aguas arriba de la confluencia con el Río Damas
- Río Rahue aguas abajo de la confluencia con el Río Damas
- Río Rahue aguas arriba de la confluencia con el Río Bueno

b) Río Forrahue

- Río Forrahue en el Puente Escuela Agrícola

Los 7 puntos de control correspondientes al análisis hidrológico, se presentan en la siguiente figura.

Figura 4-1: Puntos de control del estudio



Fuente: Propia elaboración utilizando Google Earth Pro 2013

4.1 Recopilación de estadísticas hidrológicas

4.1.1 Información Fluviométrica

En el área de estudio se identificaron 15 estaciones fluviométricas, a las que se les recopiló los datos de caudales instantáneos máximos anuales, caudales medios diarios máximo anuales y caudales medios mensuales. De éstas, se seleccionaron 7 estaciones que contaban con registros de más de 20 años de extensión. En la siguiente figura se entrega la ubicación de las estaciones seleccionadas.

Figura 4-2: Estaciones Fluviométricas Seleccionadas



Fuente: Elaboración propia, utilizando Google Earth Pro 2013

4.1.2 Información Pluviométrica

En el área de estudio se identificaron 16 estaciones pluviométricas recopilando información de precipitaciones diarias máximas anuales. De éstas, se seleccionaron 4 estaciones que contaban con registros de más de 20 años de extensión. En la siguiente figura se entrega la ubicación de las estaciones seleccionadas.

Figura 4-3: Estaciones Pluviométricas seleccionadas en el área del estudio



Fuente: Elaboración propia utilizando Google Earth Pro 2013

4.2 Determinación Características Geomorfológicas de Cuencas

Para la determinación de las características geomorfológica de las cuencas asociadas a los puntos de control, se cuenta con cartografía digital escala 1:50.000 del "Instituto Geográfico Militar", IGM, para el área de estudio, sin embargo, en muchos sectores no es adecuado para poder definir de buena forma el área aportante. Por tal motivo, se utilizó el modelo de terreno del Google Earth Pro, que se considera tiene mayor precisión para determinar las áreas y parámetros geomofológicos de las cuencas.

A continuación se presentan los parámetros geomorfológicos de las cuencas de interés requeridos para la determinación de los caudales en crecida.

Tabla 4-1: Parámetros Geomorfológicos de las cuencas de interés

N°	Punto de Control	Área de la cuenca	Longitud cauce (L1)	Pendiente Media	Cota salida Cuenca (H mín)	Cota máxima Cuenca (H máx)	Altura media de la cuenca (Hmed)
		(km2)	(km)	(%)	(m)	(m)	(m)
1	Río Rahue aguas abajo confluencia Río Coihueco	1.819,7	94,98	14,56	67	2.606	445
2	Río Rahue aguas arriba confluencia Río Negro	2.136,1	131,76	12,74	19	2.606	396
3	Río Rahue aguas abajo confluencia Río Negro	4.603,0	131,76	8,14	19	2.606	256
4	Río Rahue aguas arriba confluencia Río Damas	4.666,3	139,76	8,06	15	2.606	263

Tabla 4-1: Parámetros Geomorfológicos de las cuencas de interés

N°	Punto de Control	Área de la cuenca	Longitud cauce (L1)	Pendiente Media	Cota salida Cuenca (H mín)	Cota máxima Cuenca (H máx)	Altura media de la cuenca (Hmed)
		(km2)	(km)	(%)	(m)	(m)	(m)
5	Río Rahue aguas abajo confluencia Río Damas	5.179,4	139,76	7,42	15	2.606	248
6	Río Rahue aguas arriba confluencia con Río Bueno	6.038,3	174,82	7,51	2	2.606	229
7	Río Forrahue en Puente Escuela Agrícola	329,2	40,11	2,05	48	220	122

Nota: Longitud del cauce es medido desde el punto de control hasta el límite de cuenca.

4.3 Caudales Instantáneos Máximos

4.3.1 Estimación mediante Transposición de caudales, Análisis de Datos Fluviométricos

Se utilizaron las estaciones fluviométricas seleccionadas como estaciones base, de la cuales se realizaron transposiciones para obtener los caudales en los puntos de control del presente estudio.

Primeramente se realizó un análisis de los datos fluviométricos, para investigar posibilidades de rellenar o extender las series de datos. Con las series finales se efectuó el análisis de frecuencia para estimar los caudales para cada estación.

Una vez calculados los caudales de crecida en las estaciones fluviométricas, se realizó la transposición basada en la expresión de Verni- King que relaciona los caudales de crecidas utilizando como ponderadores las precipitaciones máximas diarias anuales y las áreas aportantes de las estaciones patrón y la correspondiente asociada al punto de control en análisis.

4.3.2 Estimación mediante relaciones precipitación-escorrentía

Con la intención de cotejar los resultados obtenidos con la trasposición de caudales, se estimaron los caudales de crecidas utilizando relaciones de precipitación-escorrentía recomendada en el Manual de Crecidas de la DGA. Los métodos aplicados fueron los siguientes:

- Método DGA-AC
- Método Verni & King Modificado
- Método Racional

4.3.3 Comparación de caudales

Las siguientes tablas comparan los caudales estimados por los métodos de transposición, DGA-AC, Racional Modificado y Verni King Modificado con el rendimiento específico para el periodo de retorno de 100 años.

Tabla 4-2: Resumen Caudales – Río Rahue aguas abajo conf Río Coihueco (m^3/s)

Área = 1.819,7km2	Río Rahue a.ab conf Río Coihueco						T=100años
Método	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	$m^3/s/km^2$
Racional Modificado	2.578,4	3.166,1	3.472,0	3.804,1	4.108,8	4.226,7	2,32
DGA-AC	683,5	901,0	1.035,6	1.211,7	1.336,0	1.470,6	0,81
Verni y King Modificado	858,6	1.110,1	1.250,6	1.407,4	1.552,3	1.624,1	0,89
Transposición De Caudales	754,5	1.010,7	1.176,8	1.384,1	1.537,5	1.690,4	0,93

Tabla 4-3: Resumen Caudales – Río Rahue aguas arriba confluencia Río Negro (m^3/s)

Área = 2.136,1km2	Río Rahue a.ar conf Río Negro						T=100años
Método	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	$m^3/s/km^2$
Racional Modificado	2.435,2	2.990,2	3.279,2	3592,8	3.880,6	3.992,0	1,87
DGA-AC	770,1	1.015,1	1.166,7	1365,1	1.505,1	1.656,8	0,78
Verni y King Modificado	988,7	1.278,3	1.440,1	1620,6	1.787,5	1.870,1	0,88
Transposición De Caudales	754,5	1.010,7	1.176,8	1384,1	1.537,5	1.690,4	0,79

Tabla 4-4: Resumen Caudales – Río Rahue aguas abajo conf Río Negro (m^3/s)

Área = 4.603km2	Río Rahue aguas abajo confluencia Río Negro						T=100años
Método	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	$m^3/s/km^2$
Racional Modificado	4.593,6	5.640,5	6.185,6	6.777,2	7.320,1	7.530,2	1,64
DGA-AC	1.445,7	1.905,6	2.190,4	2.562,7	2.825,6	3.110,3	0,68
Verni y King Modificado	1.943,0	2.512,2	2.830,1	3.184,9	3.512,8	3.675,2	0,80
Transposición De Caudales	890,6	1.150,5	1.315,5	1.517,4	1.664,0	1.808,0	0,39

Tabla 4-5: Resumen Caudales – Río Rahue aguas arriba conf Río Damas (m^3/s)

Área = 4.666.3km2	Río Rahue aguas arriba confluencia Río Damas						T=100años
Método	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	$m^3/s/km^2$
Racional Modificado	4.552,4	5.589,9	6.130,1	6.716,4	7.254,4	7.462,6	1,60
DGA-AC	1.463,1	1.928,7	2.216,8	2.593,7	2.859,7	3.147,9	0,67
Verni y King Modificado	1.966,5	2.542,6	2.864,3	3.223,4	3.555,3	3.719,7	0,80
Transposición De Caudales	900,2	1.162,9	1.329,6	1.533,7	1.682,0	1.827,5	0,39

Tabla 4-6: Resumen Caudales – Río Rahue aguas abajo conf Río Damas (m^3/s)

Área = 5.179,4km2	Río Rahue aguas abajo confluencia Río Damas						T=100años
Método	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	$m^3/s/km^2$
Racional Modificado	4.997,2	6.136,1	6.729,1	7.372,6	7.963,2	8.191,8	1,58
DGA-AC	1.607,2	2.118,6	2.435,2	2.849,2	3.141,4	3.458,0	0,67
Verni y King Modificado	2.155,6	2.787,1	3.139,7	3.533,3	3.897,1	4.077,3	0,79
Transposición De Caudales	979,3	1.265,0	1.446,4	1.668,4	1.829,7	1.987,9	0,38

Tabla 4-7: Resumen Caudales – Río Rahue aguas arriba confluencia Río Bueno (m^3/s)

Área = 6.038,3km2	Río Rahue a.ar confluencia con el Río Bueno						T=100años
Método	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	$m^3/s/km^2$
Racional Modificado	5.255,4	6.453,2	7.076,8	7.753,6	8.374,7	8.615,1	1,43
DGA-AC	1.863,3	2.456,2	2.823,2	3.303,2	3.642,0	4.009,0	0,66
Verni y King Modificado	2.467,2	3.190,0	3.593,6	4.044,1	4.460,5	4.666,7	0,77
Transposición De Caudales	1.119,2	1.445,8	1.653,1	1.906,8	2.091,1	2.272,0	0,38

Tabla 4-8: Resumen Caudales – Río Forrahue en Puente Escuela Agrícola (m^3/s)

Área = 329,18km2	Río Forrahue en Puente Escuela Agrícola						T=100años
Método	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	$m^3/s/km^2$
Racional Modificado	329,2	363,0	445,8	488,8	535,6	578,5	1,76
DGA-AC	92,1	121,4	139,5	163,3	180,0	198,1	0,60
Verni y King Modificado	190,7	246,6	277,8	312,6	344,8	360,7	1,10
Transposición De Caudales	81,9	95,6	101,6	107,0	110,0	112,5	0,34

4.3.4 Caudales adoptados

Cabe destacar que los caudales estimados por los métodos indirectos entregan valores muy superiores a los entregados por el método de la transposición de caudales. Sin embargo, se adoptan los caudales entregados por el método de Transposición dado que es más representativo del comportamiento de las cuencas, en comparación a los métodos indirectos.

La tabla siguiente entrega los caudales máximos de crecidas adoptadas en los puntos de control del estudio para los distintos períodos de retorno.

Tabla 4-9: Caudales de Crecida Adoptados

		Caudales de Diseño (m3/s)					
Cuenca	**Área (km2)**	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
Río Rahue a.ab conf Río Coihueco	1.819,70	605,4	804,6	926,9	1.074,1	1.180,2	1.284,0
Río Rahue aguas arriba confluencia Río Negro	2.136,10	667,2	891,9	1.027,5	1.188,9	1.304,1	1.416,9
Río Rahue aguas abajo confluencia Río Negro	4.603	1.148,9	1.572,1	1.811,6	2.083,8	2.270,5	2.446,8
Río Rahue a.ar conf Río Damas	4.666,30	1.161,3	1.589,5	1.831,8	2.106,7	2.295,3	2.476,3
Río Rahue a.ab confluencia Río Damas	5.179,40	1.261,5	1.731,0	1.994,9	2.292,8	2.496,3	2.687,6
Río Rahue a.ar confluencia con el Río Bueno	6.038,30	1.429,2	1.967,9	2.267,9	2.604,4	2.832,8	3.046,5
Río Forrahue Puente Agrícola	329,2	75,0	106,0	123,0	140,0	151,0	161,0

4.4 Curvas de Variación Estacional

Las curvas de variación estacional permiten obtener información general acerca del comportamiento estacional de los caudales de un río pudiendo identificar los períodos de déficit y exceso. El conjunto de curvas de variación estacional determinan el régimen de distribución de caudales en el tiempo y en función de la probabilidad con que los eventos son igualados o excedidos.

Para este estudio se determinaron las curvas de variación estacional de los caudales medios mensuales para cada una de las estaciones fluviométricas seleccionadas y posteriormente, mediante transposición, se obtuvieron las curvas de variación estacional para cada uno de los puntos de control.

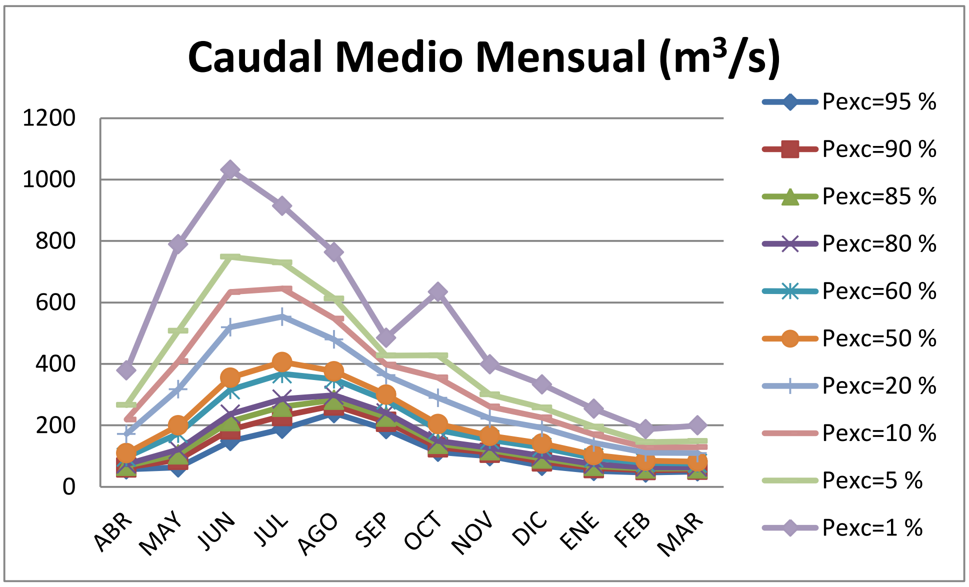
Las curvas de variación estacional se construyeron para las probabilidades de excedencia de 1%, 5%, 10%, 50%, 60%, 80%, 90% y 95%.

A modo de ejemplo, a continuación se entrega la curva de variación estacional del río Rahue, aguas abajo de la confluencia con el río Damas.

Tabla 4-10: Curva de variación estacional río Rahue aguas abajo confluencia con río Damas

T	Pexc.	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M3/S)											
(años)	%	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1,05	95	56,8	64,0	154,1	197,5	253,1	194,5	113,4	99,1	68,8	51,7	46,5	50,0
1,11	90	63,1	89,4	193,2	242,0	280,1	219,6	128,7	111,4	83,1	61,2	54,2	55,7
1,18	85	68,8	107,9	221,9	273,7	299,7	237,0	141,2	120,6	93,3	68,2	59,6	60,0
1,25	80	74,3	123,6	246,4	300,1	316,3	251,0	152,2	128,5	101,8	74,2	64,0	63,7
1,67	60	97,5	178,1	331,0	387,0	372,3	294,5	191,5	156,5	129,9	94,6	78,7	76,7
2	50	111,1	206,2	373,5	428,3	399,6	313,9	212,2	170,7	143,5	104,8	85,7	83,3
5	20	176,6	333,8	553,6	587,6	508,4	381,7	305,1	230,3	197,6	146,2	113,2	111,5
10	10	226,7	434,4	680,6	687,8	579,4	419,5	376,1	271,9	233,3	173,7	131,4	131,4
20	5	279,0	546,1	809,4	781,3	647,2	452,1	453,1	313,5	268,2	200,3	149,4	151,7
100	1	415,8	867,5	1131,5	987,2	802,1	516,9	670,5	416,8	351,5	260,7	193,6	204,0

Figura 4-4: Curva de variación estacional río Rahue aguas abajo confluencia con río Damas



5. Análisis Hidráulico Fluvial

Para la modelación hidráulica de los cauces de los ríos Rahue y Forrahue se empleó el programa computacional HEC-RAS en su versión 4.1.0 desarrollado por el US Army Corps of Engineers, con el cual se determinaron las condiciones de escurrimiento para caudales en crecidas de recurrencia 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

5.1 Río Rahue

El río Rahue es un cauce que presenta un escurrimiento de tipo subcrítico por lo cual fue relevante definir la condición de borde aguas abajo.

El río Rahue descarga sus aguas hacia el río Bueno por lo cual fue necesario conocer las condiciones hidráulicas de éste último, para poder evaluar el efecto sobre el río Rahue. Para conocer el comportamiento del río Bueno, se revisó el estudio realizado por GHD, "Análisis Factibilidad

Encauzamiento Desembocadura Río Bueno", DOP X Región. En este estudio se realiza una modelación bidimensional del comportamiento del río Bueno en la desembocadura en el mar.

Este estudio, en sus conclusiones señala que no existe influencia mareal sobre el río Bueno a partir de las crecidas de 5 años de recurrencia. Considerando que el análisis abarca sólo 3,5 km y la confluencia del río Rahue se ubica a 47 km aguas arriba de ese punto, se estima razonable considerar que no existe influencia mareal sobre el río Rahue incluso para las crecidas de 2 años de recurrencia.

Bajo este supuesto, la condición de borde aguas abajo corresponde a la altura normal de escurrimiento en el río Bueno asociada a una pendiente promedio del río en ese tramo de 0,0002 (m/m), la cual se obtuvo del análisis de los antecedentes topográficos disponibles.

En la modelación se incorporaron las singularidades existentes y que corresponden a 11 Puentes y 2 Pasarelas.

5.1.1 Resultados

En planos de planta, longitudinales y perfiles transversales se muestran los niveles de aguas y áreas de inundación para los períodos de retorno de 5 y 100 años. A continuación se hace una breve descripción de los resultados más relevantes del análisis del eje hidráulico.

- Puentes: En general presentan problemas de capacidad y no cumplen con las revanchas mínimas exigidas por el Departamento de Puentes de la Dirección de Vialidad. La excepción corresponde a los puentes Ferroviario, de la Ruta 5 y Caipulli. El detalle de las deficiencias detectadas se encuentra en el Plan Maestro del Cauce.

- Pasarela Ovejería: Con el paso de la crecida de 2 años de recurrencia, se tiene solamente una revancha al fondo de viga de 0,5 m. Con la crecida de 5 años, las aguas alcanzan la totalidad de la pasarela. Desde el punto de vista operacional, se estima que cuando el pronóstico indique crecidas de importancia, 2 años de recurrencia, se debería suspender el tránsito por esta estructura.

- Desbordes: En toda la extensión se observan desbordes, sin embargo, en el tramo 1 las inundaciones se observan en terrenos donde no existe infraestructura y en general para crecidas de recurrencia igual o superior a los 5 años. En el tramo 2 (ciudad de Osorno) se observan desbordes en tramos con viviendas, aproximadamente 2,5 km, por lo cual será necesario proyectar obras de protección y en algunos casos peraltar las existentes. Finalmente, el tramo 3 presenta amplios sectores de desborde, incluso para las crecidas de 2 años de recurrencia, sin embargo, no se observan viviendas afectadas pero sí infraestructura vial, lo que en cierta medida valida los resultados de la modelación ya que no son lugares aptos para la instalación de viviendas.

5.2 Río Forrahue

Este río presenta un escurrimiento de tipo subcrítico por lo cual es de importancia definir las condiciones de borde aguas abajo. La topografía finaliza 320 metros aguas abajo del puente Escuela Agrícola. Del recorrido de terreno y de la observación de las fotografías de Google Earth Pro no se observan singularidades en el cauce, por tal motivo, se estimó apropiado establecer como condición de borde aguas abajo, la condición normal de escurrimiento.

En la modelación se incorporaron las singularidades existentes en el cauce: 3 puentes vehiculares, 1 pasarela peatonal y 2 tranques.

5.2.1 Calibración del modelo. Crecida del 02 de junio de 2014

Con fecha 02 de junio del presente año se produjo una crecida extraordinaria en el río Forrahue, desbordando el muro de hormigón en el tramo que se extiende entre la toma ESSAL y aguas abajo del puente Pedro Montt.

Debido a los efectos catastróficos de esta crecida, se contó con información de las características de la crecida y de los niveles de escurrimiento máximos alcanzados por las aguas del río Forrahue en su paso por la localidad de Río Negro, lo que permitió calibrar el modelo efectuando las modificaciones necesarias que permiten representar de mejor forma la situación actual del cauce.

5.2.2 Resultados

En planos de planta, longitudinales y perfiles transversales se muestran los niveles de aguas y áreas de inundación para los períodos de retorno de 5 y 100 años.

A continuación se hace una breve descripción de los resultados más relevantes del análisis del eje hidráulico.

- Puentes: Los tres puentes presentan capacidad hidráulica para permitir el paso de la crecida de 100 años de recurrencia. En todos los casos la revancha es superior a la exigida por el Departamento de Puentes de la Dirección de Vialidad (revancha 1,0 m).

- Pasarela: Tiene capacidad para permitir el paso de la crecida de 100 años de recurrencia, sin embargo, la revancha es menor a 1,0 m.

- Muro Tranque Molino Schott: Con el objetivo de evaluar la influencia que tiene el muro del tranque del Molino Schott, se evaluó el eje hidráulico con y sin esta obra. Se observa un peralte del escurrimiento, respecto a la situación sin muro de 2,30 m para la crecida de 100 años y de 2,5 m para la crecida de 5 años de recurrencia.

  Para ambas crecidas, el efecto del peralte se extiende hasta el Puente Buschmann, aguas arriba de esta estructura el eje hidráulico con o sin muro es el mismo.

- Muro Toma ESSAL: Con el objetivo de evaluar la obra de toma de ESSAL, se evaluó el eje hidráulico con y sin esta obra. Se observa un peralte del escurrimiento, respecto a la situación sin muro de 1,30 m para la crecida de 100 años y de 1,50 m para la crecida de 5 años de recurrencia.

- Defensas de hormigón ribera derecha: Los ejes hidráulicos obtenidos muestran que las defensas fluviales de hormigón construidas por la ribera derecha, entre muro de toma ESSAL y puente Buschmann, tienen la altura suficiente para contener la crecida de 100 años de recurrencia incluso con revancha del orden de 0,5 m.

- Obras de Acumulación en plaza Punta Arenas: Si bien los muros no permiten los desbordes de río Forrahue hacia la zona urbana de la plaza Punta Arenas, se produce el efecto que las aguas lluvias que descargan hacia ese punto no pueden ser evacuadas al río, sino hasta una vez producido el receso de las crecidas.

  En la crecida de 2 años de recurrencia, el sistema de drenaje puede alcanzar una carga de 27 cm para descargar al río. Para la crecida de 5 años el nivel de escurrimiento en el río ahoga el sistema de y ya existiría acumulación de agua en las calles y veredas. Para estas crecidas y mayores, la compuerta de descarga debería permanecer cerrada.

6. Análisis de Trasporte de Sedimentos

El objetivo de este análisis fue identificar las zonas de eventual sedimentación (depositación) o de arrastre (erosión) dentro de los tramos de estudio del río Rahue y Forrahue, de manera de tener una herramienta básica para definir zonas potenciales de extracción de áridos, sin que esto afecte el equilibrio sedimentológico de ambos ríos.

Para la evaluación del arrastre de sedimentos se utilizaron 3 metodologías descritas en la literatura, a saber, la correspondiente de Toffaletti, de Meyer-Peter & Müller (MPM), y de Ackers & White(A-W).

Con estos resultados se promedió las tasas de arrastre cada aproximadamente 1.000 m para el río Rahue y cada 500 m para el río Forrahue. Lo anterior, permitió definir tramos globales donde existe tendencia a depositar y donde se tiende a erosionar.

Efectuado lo anterior, se calcularon las diferencias entre las tasas promedios por tramos, entre un tramo y el precedente, con el objetivo de identificar zonas de sedimentación (depositación) y de arrastre (erosión).

Es preciso indicar que el cálculo se realizó con un caudal asociado a un periodo de retorno T=2 años, lo que si bien corresponde a una crecida relativamente frecuente, no corresponde a un promedio anual. Bajo este prisma, se podría pensar que las tasas de arrastre calculadas no son representativas, sin embargo, si se considera en forma cualitativa lo que ocurre, se puede extrapolar y decir que para cualquier orden de caudal, que produzca arrastre de sedimentos, se va a tener un esquema de arrastre y sedimentación como los obtenidos en este estudio.

De los resultados obtenidos con los diversos métodos se puede comentar que el método de MPM parece representar de mejor forma lo que sucede a lo largo de ambos ríos. Lo anterior, en función de lo observado en las visitas a terreno, recorridos por el río y fotos aéreas disponibles.

En particular se destacan claras zonas de arrastre y depositación en el tramo inicial hasta cerca del puente Caipulli, lo que da pie a indicar que esta zona del río podría ser utilizada para efectuar extracciones de áridos.

Del análisis se desprende también que existe una zona ubicada aguas abajo de la ciudad de Osorno que presentaría zonas de erosión y depositación, pero con menores niveles de arrastre y sedimentación.

Finalmente, en la zona baja del río Rahue, el análisis muestra zonas con gran potencialidad de arrastre y sedimentación, el cual no se condice con lo observado en terreno ni con las características de escurrimiento del río en este tramo. Este efecto mostrado en la estimación se explica por la granulometría en esta zona, la cual corresponde principalmente a arenas finas, lo que hace que las formulaciones tiendan a sobreestimar el arrastre.

Para el caso del río Forrahue los resultados son similares para todos los métodos variando sólo en los órdenes de magnitud de las cantidades de arrastre de sedimento estimadas.

7. Análisis de Socavaciones

Se efectuó el cálculo de las socavaciones generales y locales para las secciones o tramos donde existen obras de defensas proyectadas, en los sectores de puentes y en las zonas donde se proyectan obras.

7.1 Socavación General

Para la estimación de la socavación general se utilizaron las formulaciones de Neill y Lischtvan-Levediev. Se adoptan para el diseño las socavaciones estimadas con el método de Lischvan Levediev. En las zonas de defensas fluviales las socavaciones estimadas varían entre 0 a 3 m de profundidad, en el caso de los puentes, éstas varían entre 0 a 4 m.

7.2 Socavación Local al pie de pilas

Para la estimación de la socavación local en pilas de puentes se utilizaron tres formulaciones: Breusser-Nicolet-Shen (BNSh), Envolvente de Datos Experimentales (EDE) y la correspondiente de Richardson (R).

Los resultados muestran que la expresión de la EDE es la que entrega los valores más razonables, con variaciones de la socavación local al pie de pila entre 1,5 m a 4,5 m.

Cabe destacar que el cálculo se ha realizado para la pila más restrictiva desde el punto de vista de la socavación, la cual correspondió en todos los casos a la que estaba fundada en la zona más profunda de la sección,

7.3 Socavación Local en Estribos

Para abordar la estimación de la socavación en estribos de puentes se utilizó el método de Melville. Los resultados obtenidos muestran niveles de socavación que varían entre 0 y 7 m.

7.4 Socavación Local al Pie de Barreras Vertedoras de Baja Carga

Para estimar la socavación local al pie de los muros emplazados en el cauce del río Forrahue se consideran los métodos expuestos en el Manual de Carreteras.

- Socavación Local en Toma ESSAL

Se obtiene una socavación al pie del muro de 2,3 m, en tanto la socavación actual es de 1,28 m.
Los niveles de socavación promedio resultan consecuentes con el valor topográfico por lo cual es de esperar que la estructura no tenga riesgo ante crecidas de importancia, sin embargo, al desconocer la cota de fundación de la estructura no es posible dar una respuesta definitiva.

- Socavación en Molino Schott

Se obtiene una socavación local al pie del muro de 2,3 m, en tanto la socavación actual es de 1,79 m.

Se desconoce la cota de fundación de estas estructuras por lo cual no es posible señalar el nivel de riesgo de esta obra ante la eventual ocurrencia de una crecida de recurrencia de 100 años. No obstante los niveles calculados indican alto riesgo de la obra por lo cual sería recomendable realizar trabajo de campo que permitan determinan el nivel de fundación de ésta.

8. Diagnóstico

El área de estudio se ha sectorizado en 4 tramos tal como se describe a continuación:

- Tramo 1: Comprende el río Rahue y sus riberas entre la junta con el río Coihueco (Km.0,000 del área de estudio para el río Rahue) y aguas arriba del límite urbano de la ciudad de Osorno (Comunas de Osorno, Puerto Octay y Río Negro, Km 42,427).

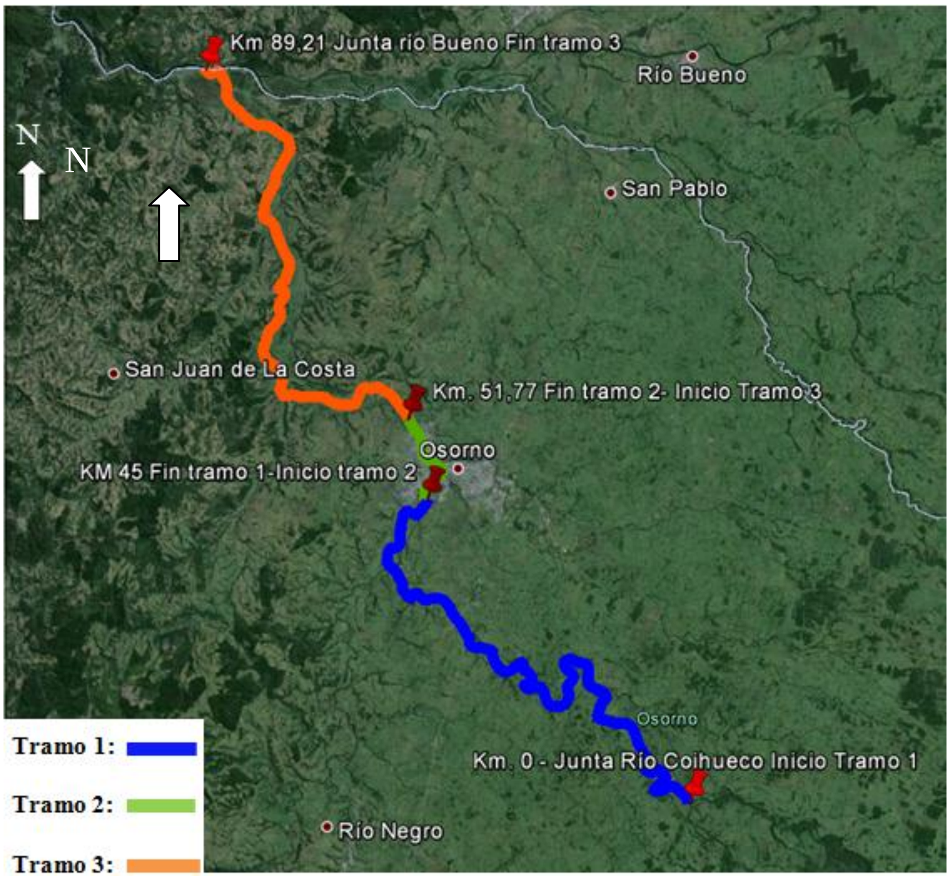
- Tramo 2: Comprende el río Rahue y sus riberas entre el extremo aguas arriba del límite urbano de la ciudad de Osorno (Km 42,427) y aguas abajo del límite urbano de la ciudad de Osorno (km 51,020).

- Tramo 3: Comprende el límite del río Rahue y sus riberas entre el extremo aguas abajo del límite urbano de la ciudad de Osorno (Km 51,020) y su confluencia con el río Bueno (comuna de San Pablo, Km 88,918)

- Tramo 4: Todo este tramo se desarrolla en la zona urbana de Río Negro, por lo que el manejo de las medidas propuestas sólo correspondería a esta comuna.

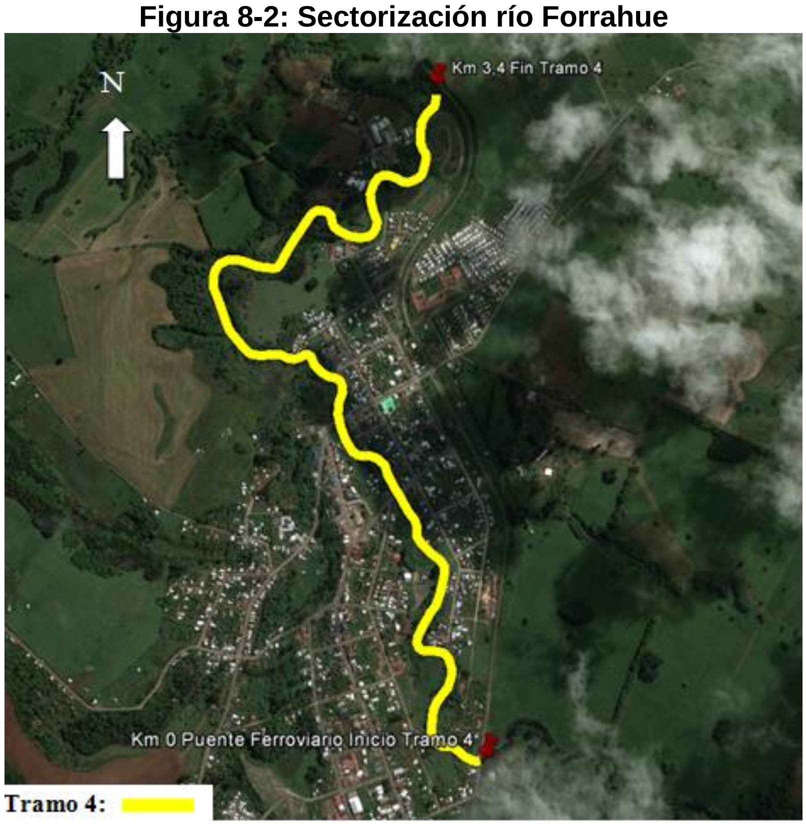
La sectorización descrita para el río Rahue se puede apreciar en las siguientes figuras.

Figura 8-1 : Sectorización río Rahue



Fuente: Elaboración propia utilizando Google Earth Pro

Figura 8-2: Sectorización río Forrahue



Fuente: Elaboración propia utilizando Google Earth Pro

8.1 Zonas Inundables

A lo largo del cauce se producen desbordes aproximadamente en un 60% del tramo estudiado. Sin embargo, para efectos del análisis se ha considerado como zonas inundables a las zonas en que existan viviendas y se encuentran expuestas a a los escurrimientos de los río Rahue o Forrahues durante el paso de las crecidas extraordinarias (sobre 2 años de recurrencia). De acuerdo a esto, los sectores identificados como sectores inundables se indican en las siguientes Tabla.

Tabla 8-1 : Sectores Inundables Rahue

Tramo Perfiles	Ribera	Km	Viviendas afectadas N°	Sector
229-243	derecha	45,214-46,625	614	Tramo 2
236-243	izquierda	45,911-46,625		
244-249	derecha	46,713-47,213		
249-250	izquierda	47,213-47,294		
253-262	izquierda	Río Damas-48,407		
269-272	izquierda	49,111-49,409		
277-285	derecha	49,911-50,712		
321-322	derecha	58,913-59,162	15	Tramo 3
386-387	derecha	80,558-80,845		
393-397	derecha	83,675-85,667		

En la Tabla precedente se han destacado los sectores expuestos a inundaciones, en los cuales se ubicaron viviendas. No obstante lo anterior, desde el perfil N° 293 hasta la confluencia con río Bueno, los desbordes del río Rahue afectan caminos, ya sean públicos o privados. En consecuencia, desde el perfil señalado hacia aguas abajo, toda el área se encuentra expuesta a inundaciones con afectación de infraestructura.

Tabla 8-2 : Sectores Inundables Forrahue

Tramo Perfiles	Ribera	Viviendas afectadas N°	Sector
2	Derecha	31	Tramo 4
3	Izquierda		
4-7	Derecha		
5	Derecha		
6	Derecha		
6-15	Izquierda		
18-20	Izquierda		
30-31	Izquierda		
44-47	Derecha		
48-59	Izquierda		
60-62	Derecha		
64	Izquierda		
67	Derecha		

Los sectores considerados como inundables corresponden a sectores en que los desbordes afectan a personas o a infraestructura, como caminos, lo cual coincide con los sectores identificados con restricción en los planos reguladores (zonas de restricción por inundaciones), Plan Maestro de Aguas Lluvias de Osorno y entrevistas de PAC realizadas.

Cabe destacar, tal como se ha mencionado anteriormente, que el origen de las inundaciones se debe a desbordes y no a peraltes ocasionados por la existencia de alguna obra.

8.2 Infraestructura existente

8.2.1 Colectores de Aguas Lluvias

En las siguientes Tablas se entrega el listado de los colectores de aguas lluvias que descargan en los ríos Rahue y Forrahue y su situación de operación respecto a las influencias en los niveles de escurrimiento.

Tabla 8-3: Colectores de Aguas Lluvias que Descargan al Río Rahue

PT	Km	Sector	Ribera	Descripción	Cota	Diagnóstico
19	1,784	Tramo 1	derecha	Proyección Obra N°1 Descarga de Aguas Lluvias y canales de regadío, b=2 m x h=1,5 m	61,59	Para un período de retorno de 100 años no alcanza ahogarse
171	32,259			Proyección Obra N° 16 Descarga aguas lluvias desde foso en tierra de 0,5 m de base	23,98	Se ahoga a partir de T= 10 años
241	46,681	Tramo 2	derecha	Proyección Obra N° 34 Descarga aguas lluvias, tubería HDPE, D= 200 mm	10,41	Bajo nivel de agua en levantamiento topográfico:10,83 m (<T=2años)
249	47,482		derecha	Proyección Obra N° 39 Descarga aguas lluvias, tubería PVC, D=125 mm y encamisado de acero, D= 300 mm	12,08	Se ahoga a partir de T= 2 años
259	48,387		derecha	Proyección Obra N°44 Descarga aguas lluvias, en terreno natural, b=0,8 m x h=0,8m	8,92	Bajo nivel de agua en levantamiento topográfico:9,66 m (<T=2años)
260	48,487		izquierda	Proyección Obra N°45 Descarga aguas lluvias, tubería HDPE corrugado, D= 150 mm	14,00	Se ahoga a partir de T= 5 años
264	49,178		izquierda	Proyección Obra N°48 Descarga aguas lluvias, en tubo cemento comprimido, D= 800 mm	10,34	Se ahoga a partir de T= 2 años
271	49,309		izquierda	Proyección Obra N°50 Descarga Aguas Lluvias, en terreno natural, b=0,8 x h= 1,2 m	13,7	Se ahoga a partir de T= 5 años
277	49,911		derecha	Proyección Obra N°51 Descarga Aguas Lluvias	12,57	Se ahoga a partir de T= 2 años
359	72,778	Tramo 3	izquierda	Proyección Obra N°62 Descarga Aguas Lluvias , tubería metal corrugado, D= 600 mm	3,4	Se ahoga a partir de T= 2 años
376	76,857		derecha	Proyección Obra N° 66 Descarga Aguas Lluvias	4,50	Se ahoga a partir de T= 2 años
368	77,242		izquierda	Proyección Obra N° 71 Descarga Aguas Lluvias, tubería metal corrugado, D= 1200 mm	5,81	Se ahoga a partir de T= 5 años

Tabla 8-4: Colectores de Aguas Lluvias que descargan al río Forrahue

PT	Km	Sector	Ribera	Descripción	Cota	Diagnóstico
16	0,734	Tramo 4	derecha	Descarga ALL proyectada	46,25	Se ahoga para T= 2 años
21	1,008		Izquierda	Proyección Obra 96 Descarga All	48,32	Sobre cota de agua para T=100 años
			derecha	Proyección Obra 92 Descarga All	47,25	Se ahoga para T=25 años
				Proyección Obra 93 Descarga All	48,39	Sobre cota de agua para T=100 años
				Obra N° 91 Muro Hormigón	51,19	Sobre cota de agua para T=100 años
28	1,337		izquierda	Proyección Obra 97 Descarga All	51,11	Sobre cota de agua para T=100 años
				Obra Proyectada Descarga All	49,4	Sobre cota de agua para T=100 años

8.2.2 Colectores Aguas Servidas

En la siguiente Tabla se presentan los colectores de Aguas Servidas identificados y que descargan al río Rahue.

Tabla 8-5: Colectores de Aguas Servidas que descargan al río Rahue

PT	Km	Sector	Ribera	Descripción	Cota	Diagnóstico
256	47,817	Tramo 2	derecha	Proyección Obra 41 Descarga Aguas Servidas	9	Se ahoga a partir de T= 2 años
257	47,920	Tramo 2	izquierda	Proyección Obra 42 Descarga Aguas Servidas	8,26	Se ahoga a partir de T= 2 años
				Proyección Obra 43 Descarga Aguas Servidas	8,26	Se ahoga a partir de T= 2 años
			derecha	Proyección Obra 52 Descarga Aguas Servidas	12,19	Se ahoga a partir de T= 2 años
293	51,965	Tramo 3	derecha	Proyección Obra 53 Descarga Aguas Servidas	12,30	Se ahoga a partir de T= 2 años

8.3 Diagnóstico de Obras de Defensa Fluvial Existentes

En base a los antecedentes generados por el estudio y a la inspección directa en terreno por parte de ingenieros especialistas, se efectuó un diagnóstico de las obras de defensa fluvial existentes en los cauces de los ríos Rahue y Forrahue. El diagnóstico realizado está orientado básicamente a identificar los principales problemas que presentan estas obras, determinando si existen daños o condiciones que limiten su funcionalidad para la cual fueron diseñadas y construidas.

En la siguiente Tabla se entrega un resumen del diagnóstico realizado, en las cuales se incluyen los principales problemas detectados y el estado actual que presenta la obra. La suficiencia de las obras catastradas fue verificada en el proceso de modelación hidráulica de los ríos Forrahue y Rahue.

Tabla 8-6: Obras de Defensas Fluviales en río Rahue

PT	Km	Sector	Ribera	Descripción	Cota	Diagnóstico
41	4,043	Tramo 1	derecha	Proyección Obra N°2 Descarga Piscicultura Salmones		
				Cuenta con protección de gaviones de módulos de 1m de alto, cuenta con 4 niveles, de ellos 3 son visibles y uno se encuentra a nivel de terreno. El tubo presenta un muro de de Hormigón	51,59	Para T= 20 años su cota es sobrepasada, para T= 100 años se requiere peraltar 4 m.
239	46,211	Tramo 2		Muro Hormigón	15,23	Para T= 5 años su cota es sobrepasada, para T= 100 años se requiere peraltar 3 m
242	46,512		izquierda	Muro Hormigón Obra 33-A	15,39	Para T= 5 ya no cuenta con revancha, para T= 100 años se requiere peraltar 3 m
244-248	46,713-47,115		derecha	Obra N°36 Defensa Fluvial Parque Hott, Gaviones h=2 m	16,01	Para T= 10 ya no cuenta con revancha, para T= 100 años se requiere peraltar 3,5 m
249	47,213		derecha	Proyección Obra N° 37, gavión , 2 módulos de 1 m c/u Por el río Rahue L=45 m y por el estero Ovejería L= 44 m	16,23	Peraltar 2 m la defensa, ya que su nivel es sobrepasado para T=a 10 años
250	47,294		derecha	Proyección Obra N° 38, enrocado, h=3 m. Tiene una longitud aproximada por el estero Ovejería de 100 m y por río Rahue de 50 m aprox	16,18	Funciona bien
254	47,616		izquierda	Defensa Fluvial Parque Martinez, Pretil Obra N° 43-A	17,34	Para 25 años se sobrepasa defensa , se debe peraltar 1,5 m
255-256	47,718-47,817		izquierda	Defensa Fluvial Parque Martinez, Pretil Obra N° 43-A	17	Desborda para T= 100 años el muro, peraltar 1 metro
257	47,920			Defensa Fluvial Parque Martinez, Pretil Obra N° 43-A	17,21	No desborda pero por revancha peraltar 0,5 m

Tabla 8-6: Obras de Defensas Fluviales en río Rahue

PT	Km	Sector	Ribera	Descripción	Cota	Diagnóstico
258-259	48,019-48,119		izquierda	Defensa Fluvial Parque Martinez, Pretil Obra N° 43-A	16,64	Desborda para T= 50 años, peraltar 1 m
260-262	48,219-48,407			Defensa Fluvial Parque Martinez, Pretil Obra N° 43-A	16,21	Desborda para T= 50 años, peraltar 1,5 m
277	49,911		derecha	Defensa Fluvial Pretil Obra 47-A	16,25	A los 100 años desborde, peraltar 1 m
278	50,011		derecha	Defensa Fluvial Pretil Obra 47-A	15,88	Para T= 50 años desbordes, peraltar 1 m
279	50,111		derecha	Defensa Fluvial Pretil Obra 47-A	15,58	Para T= 50 años desbordes, peraltar 1,5 m
280-281	50,211-50,310		derecha	Defensa Fluvial Pretil Obra 47-A	16,12	Desborde a partir 10 años, peraltar 1 m
282-283	50,411-50,512		derecha	Defensa Fluvial Pretil Obra 47-A	16,11	Desborde a partir 100 años, peraltar 1 m
284	50,611		derecha	Defensa Fluvial Pretil Obra 47-A	15,97	Desborde a partir 50 años, peraltar 1 m
285-286	50,712-50,812		derecha	Defensa Fluvial Pretil Obra 47-A	16,11	Desborde a partir 100 años, peraltar 1 m
321-322	58,913-59,162	Tramo 3	derecha	Defensa Fluvial Enrocado Obra N°55 , L =320 m	9,16	Peraltar 7 m , siempre desborda

Tabla 8-7: Obras de Defensas Fluviales en río Forrahue

PT	Km	Sector	Ribera	Descripción	Cota	Diagnóstico
1	0,000	Tramo 4	izquierda	Muro Hormigón	52,07	Funcionan sin problema
			derecha	Muro Hormigón	52,09	
12	0,538		derecha	Obra N° 86 Muro Hormigón	51,18	
13	0,609		derecha	Obra N° 87 Muro Hormigón	49,08	
14	0,640		derecha	Obra N° 87 Muro Hormigón	48,98	

Tabla 8-7: Obras de Defensas Fluviales en río Forrahue

PT	Km	Sector	Ribera	Descripción	Cota	Diagnóstico
15	0,688		derecha	Obra N° 87 Muro Hormigón	46,26	
16	0,734		derecha	Obra N° 87 Muro Hormigón	46,87	
17	0,788		derecha	Obra N° 87 Muro Hormigón	47,5	
18	0,838		derecha	Obra N° 87 Muro Hormigón	47,87	
				Obra N° 89 Muro Hormigón	47,87	
19	0,887		derecha	Obra N° 89 Muro Hormigón	47,62	
20	0,934		derecha	Obra N° 89 Muro Hormigón	48,6	
				Obra N° 90 Muro Hormigón	48,6	
21	1,008		izquierda	Obra N° 91 Muro Hormigón	51,19	
22	1,037		derecha	Obra N° 94 Muro Hormigón	48,22	
23	1,088		derecha	Obra N° 94 Muro Hormigón	48,03	
25	1,184		derecha	Obra N° 95 Muro Hormigón	47,82	
52	2,450		derecha	Muro Molino Schott	54,39	
56	2,630		derecha	Muro Hormigón	45,88	
62	2,939		derecha	Muro	42,71	

La mayor concentración de defensas existentes responde al comportamiento del cauce y sería necesario el peralte de ellas en la zona de Osorno, ya que se producen alturas de inundación de 1 m aproximadamente para un período de retorno de 2 años y de 4 m para período de retorno de 100 años.

8.4 Riesgos de Erosión

En relación a las zonas de erosión que se han detectado en los cauces del río Rahue y Forrahue, se puede señalar que en ninguno de ellos se encuentran afectadas zonas de ocupación habitacional, por tal motivo, la solución de estos problemas se plantea mediante la mantención del cauce, encauzando los bancos de material que están provocando el desvío y aceleramiento de las aguas.

En el río Rahue se detectaron 11 sectores con problemas de erosión, en tanto en el río Forrahue solamente un sector con problemas. En el Informe Final de la Consultoría se detallan los sectores involucrados.

8.4.1 Resultados Análisis de Transporte de Sedimentos

La zona aguas arriba de Osorno sería la más propicia para realizar extracciones de áridos, debido al análisis del estudio de arrastre de sedimentos, pues es posible la recarga en este sector.

En la zona urbana disminuye esta capacidad de reposición y, en consideración de la existencia de infraestructura entorno al cauce, se recomienda que esta zona no se permita la extracción industrial de áridos.

Aguas abajo de la zona urbana el río presenta una pendiente mínima por lo cual su capacidad de arrastre disminuye y su potencialidad de reposición de sedimentos también, motivo por el cual tampoco se considera como zona apta para la extracción industrial de áridos.

8.5 Fijación de Deslindes.

La delimitación entre lo que se define como terreno particular y bien de uso público se fundamenta principalmente en la línea de inundación generada por el caudal máximo de la crecida asociada a un período de retorno T = 5 años.

De acuerdo a lo instruido por la Inspección Fiscal, no se considera como zonas con conflictos de deslindes los predios de grandes dimensiones en que la línea de T= 5 años intersecte zonas que no tienen mayor uso productivo. En las zonas urbanas, se consideraron como conflictivas aquellas propiedades en que dicha línea intersecta el límite de propiedad.

En el Informe Final de la Consultoría se entrega el detalle de las áreas con conflicto de deslindes.

8.6 Extracción de Áridos.

Durante la realización de los trabajos de terreno, se efectuó un catastro con las zonas de extracción de áridos en los ríos Rahue y Forrahue. La información obtenida, se apoyó en antecedentes entregados por la DOH Regional. Es así como se identificaron las zonas de extracción que se presentan en los planos del proyecto.

De acuerdo a lo observado en terreno, la erosión se debe a un mal manejo de las extracciones de áridos, lo cual no implica que a causa de esta situación puedan generarse desbordes.

Al analizar en forma puntual las extracciones existentes, se puede mencionar lo siguiente:

Tabla 8-8: Diagnóstico Zonas de Extracción de Áridos

PT	Sector	Ribera	Denominación	Diagnóstico
28-30	Tramo 1	Izquierda	Jaime Rosas Burgos	Erosión. Existe banco de arena central que se puede utilizar para extracción de árido, cuyo manejo adecuado permitiría aumentar la capacidad del cauce.
40-42		Derecha	Dowling & Schilling S.A. - Proy. Cancura	Erosión. Precaución al abandono, debilitada esa ribera.
84-85		Derecha	Extracción de Vialidad	Erosión. Abandono de faena dejó depósito que carga el río a la izquierda.
145-146		Derecha	Ext. Áridos Abandonada, Transporte las Quemas Adalberto IDE con maquinaria de Geopartner	Depositación
153-155		Izquierda	Dowling & Schilling S.A. -Proy. El Almud	Erosión
181-183		Izquierda	Manuel Barrientos Fritz	Erosión. Mal manejo de las faenas, carga el río hacia ribera derecha. Debe limpiar cauce aguas abajo.
197-198		Derecha	Víctor Leal Sanhueza	Erosión
200		Derecha	Extracción Artesanal	Erosión
207-208		Derecha	Planta de áridos del Sr. Marín	Depositación
214-215		Derecha	Extracción Áridos Río Lindo (EDECO)	Depositación
216	Tramo 2	Derecha	Extracción Artesanal	Depositación
223		Derecha	Extracción áridos	Erosión
229		Derecha	Extracción artesanal	Erosión
239-240		Izquierda	Ext. áridos I.M. Osorno	Erosión
263-264		Derecha	Extracción Artesanal	Depositación
300-301	Tramo 3	Izquierda	Extracción esporádica Sr. Garrido	Erosión
309-310		Izquierda	Extracción de áridos Sr. Garrido	Erosión
313-314		Derecha	Extracción Vialidad	Erosión
325		Izquierda	Extracción Áridos, Jorge Loaiza	Depositación

De acuerdo al análisis realizado en el Capítulo 9 y lo mencionado en el acápite 12.4 existe una tendencia a la depositación en los primeros 40 km del tramo de estudio para el río Rahue. Además se observa, de los gráficos del capítulo de Análisis de Transporte de Sedimentos, que existiría en esta zona la capacidad de recarga por lo que se estima posible, siempre y cuando los estudios solicitados por la DOH demuestren que es factible, la extracción de áridos en esta zona.

8.7 Diagnóstico Puentes

A continuación en la siguiente tabla se muestra un diagnóstico de los puentes como resultado de la modelación realizada.

Tabla 8-9: Diagnóstico Puentes río Rahue

Puentes	PT	Sector	Diagnóstico
Cancura	21	Tramo 1	Puente cumple norma de puentes T=100 años
Esperanza	86-87		Puente cumple norma de puentes T=10 años
Ruta 5 Oriente	163		Puente cumple norma de puentes T=100 años
Ruta 5	164		Puente cumple norma de puentes T=100 años

Tabla 8-9: Diagnóstico Puentes río Rahue

Puentes	PT	Sector	Diagnóstico
Poniente			
Caipulli	195		Para T=50 toca borde izquierdo de la viga.
Ferroviario	197		Puente cumple norma de puentes T=100 años
Pasarela Peatonal	235	Tramo 2	Para T=2 ya no tiene revancha, pasarela debe reemplazarse
San Pablo	243		Para T= 5 ya no cumple con la revancha exigida
San Pedro nuevo	250		lado derecho para T= 50 años toca fondo viga, para 10 años cumple con normativa
San Pedro Viejo	251		Para 50 años toca la viga en la parte central, para 25 años toca viga en borde izquierdo, para 5 años cumple normativa de revancha
Chauracahuín	262		T= 5 años responde revancha 1 m, T= 10 años no tiene revancha adecuada y T= 25 años toca fondo de Viga
Quilacahuín	386	Tramo 3	Para T = 5 años toca fondo viga por lado izquierdo. T=10 año revancha mayor a 10 m

Los puentes emplazados en el río Forrahue (Buschmann, Pedro Montt y Escuela Agrícola) cumplen con la normativa de puentes para todos los períodos de retorno.

9. Elaboración del Plan de Manejo

9.1 Generalidades

La importancia de tener un Plan Maestro de Manejo de los ríos Rahue y Forrahue radica en la necesidad de contar con una herramienta de planificación y programación, que permita identificar y ordenar las acciones, estructurales y no estructurales dentro del área de influencia del cauce, o aquéllas que, desarrollándose fuera de éste, las impactan directa o indirectamente.

Entre las acciones estructurales, se incluye el mejoramiento, reemplazo y/o complementación de obras fluviales de protección. Entre las acciones no estructurales se consideró la proposición de franjas de mantención fluvial para el cauce estudiado y la regulación del uso del mismo, referida a las extracciones de áridos, en lo que corresponda.

En base a los resultados de este estudio, los servicios competentes en el tema de planificación podrán analizar el correcto uso del suelo, definiendo zonas destinadas a actividades de desarrollo agrícola o proyectos recreativos entre otros.

Esta propuesta se elaboró con la participación del equipo multidisciplinario de profesionales que participan de la presente consultoría, y de acuerdo a la información recibida de los distintos actores de la zona en estudio.

9.2 Objetivos

9.2.1 Objetivo Principal

Mejorar los aspectos ambientales y de seguridad de las áreas ribereñas de los ríos Rahue y Forrahue. Para esto se requiere elaborar y poner en marcha las acciones destinadas a evitar o minimizar los daños ocasionados por las crecidas de estos ríos, en los habitantes ribereños y en los bienes privados y públicos.

Las medidas a desarrollar comprenden los ámbitos estructurales y no estructurales cuya implementación conjunta permitirá regular el natural desarrollo de actividades en torno a los cauces en armonía con los requerimientos hidráulicos de los ríos.

9.2.2 Objetivos Específicos

Los Objetivos Específicos son los siguientes:

- Formular, a nivel de perfil de proyecto, un programa de medidas estructurales constituido por una proposición de obras de defensas fluviales a construir en los ríos Rahue y Forrahue en el corto y mediano plazo, en sectores específicos de mayor riesgo; mejoramiento de obras existentes y formulación de los lineamientos generales para el desarrollo de un programa de reforestación de riberas en los sectores críticos de los cauces en estudio en caso de ser necesario.

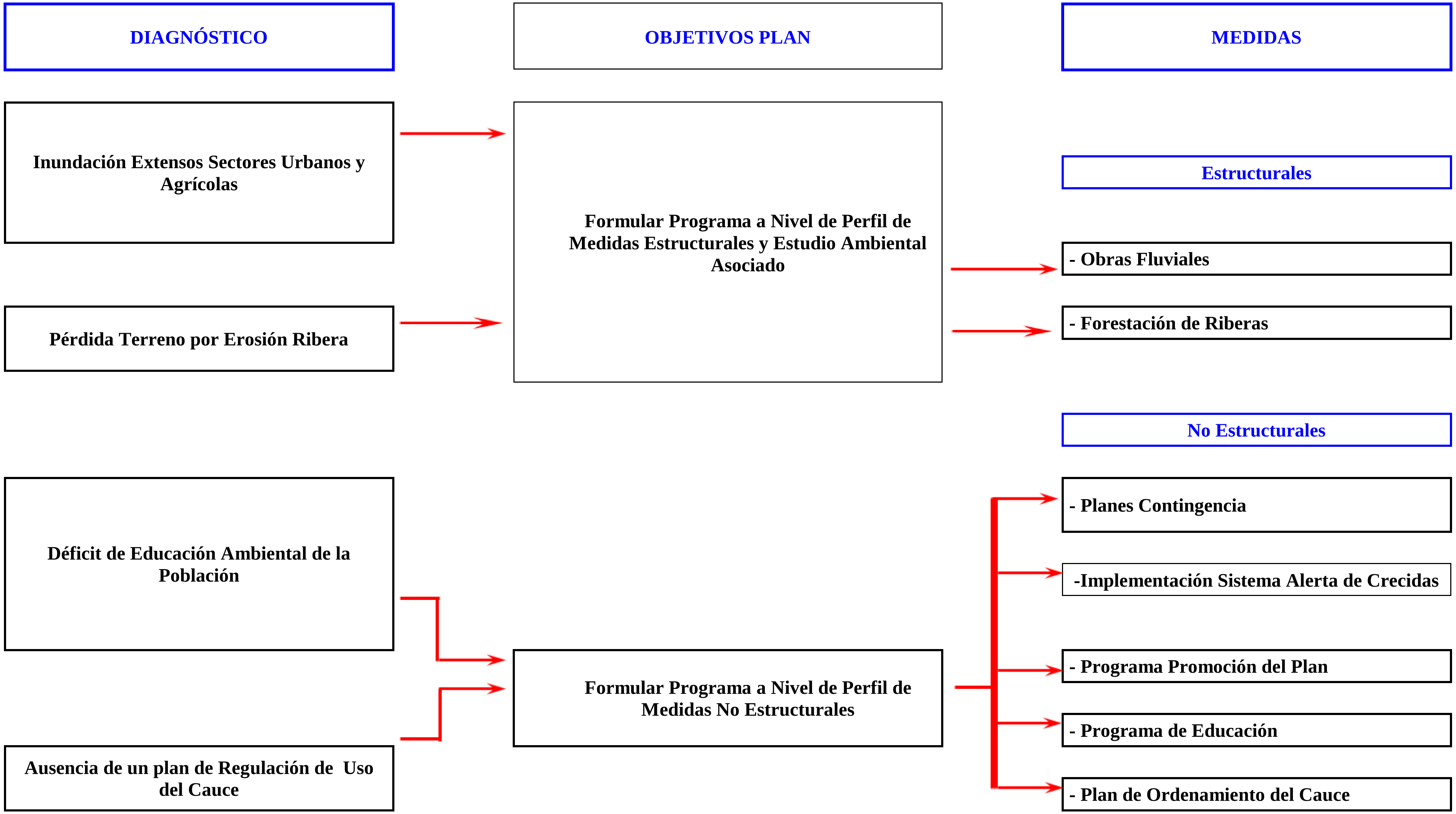
- Definir, a nivel de perfil de proyecto, un programa de medidas no-estructurales a poner en práctica en el corto y mediano plazo, relacionadas básicamente con las siguientes acciones:

  - Planes de Contingencia
  - Programa de Educación Ambiental.
  - Plan de Ordenamiento del Cauce.
  - Programa de Promoción del Plan.

- Elaborar un Análisis Ambiental asociado a las medidas estructurales y no-estructurales propuestas para los ríos Rahue y Forrahue.

Estos Objetivos Específicos se establecen de acuerdo a tramos homogéneos de cada uno de los ríos, los cuales poseen características y problemas comunes.

Figura 9-1 Interrelación entre Diagnóstico, Objetivos del Plan y Medidas a Proponer



9.3 Definición de medidas estructurales

De acuerdo a los antecedentes recabados en terreno y junto con la modelación hidráulica, se han determinado las zonas críticas con riesgos de inundación y/o socavación de riberas ante eventuales crecidas. Para cada una de estas zonas se ha propuesto la ejecución de medidas estructurales correspondientes a la construcción de obras de defensa fluvial.

9.3.1 Defensas fluviales

De acuerdo a los antecedentes recopilados y generados, así como a la identificación de los sectores críticos y diagnóstico del área de estudio, visión, objetivos y metas del Plan de Manejo, el esquema de solución propuesto plantea el desarrollo de sistemas de obras fluviales que se localizan en zonas que presentan desbordes que afectan a áreas pobladas.

En la siguiente Tabla se entrega la ubicación de las defensas propuestas y sus características geométricas principales.

9.4 Cubicaciones y Presupuesto.

Los presupuestos se componen de costos directos, que incluyen los valores de materiales, mano de obra y equipos, y de costos indirectos, conformados por gastos generales y utilidades. Se incluyó, además, el Impuesto al Valor Agregado, IVA.

Las estimaciones de costos se basan en precios vigentes a Junio de 2012, y se expresan en pesos.

Las cubicaciones y respectivos costos de las obras se presentan en la Tabla siguiente:

Tabla 9-1: Defensas fluviales propuestas

Río	N° Defensa	tramo	PT	Ribera	L(m)	h (m)	h socavación (m)	h total (m)	Tipo defensa	Tipo	Costo Total Defensa ($)(Costo Directo + Gastos Generales y Utilidades)	IVA	Costo Total ($)
Rahue	1	2	227-243	Derecha	1612	4	1	5	Defensa Nueva	Enrocado	2.004.149.571	380.788.418	2.384.937.989
Rahue	2	2	244-249	Derecha	500	2		2	Peralte gavión existente	Gavión	196.023.375	37.244.441	233.267.816
Rahue	3	2	277-285	Derecha	801	1		1	Peralte defensa existe Pampa Alegre	Pretil	153.216.241	29.111.086	182.327.327
Rahue	4	3	321-322	Derecha	249	6		6	Peralte enrocado existente	enrocado	403.890.051	76.739.110	480.629.161
Rahue	5	3	386-387	Derecha	287	4	3	7	Defensa Nueva	enrocado	571.605.434	108.605.033	680.210.467
Rahue	6	2	236-243	Izquierda	714	6	1	7	Defensa Nueva	enrocado	1.177.709.944	223.764.889	1.401.474.833
Rahue	7	2	243-246	Izquierda	201	4	1	5	Defensa Nueva	enrocado	310.213.618	58.940.587	369.154.205
Rahue	8	2	254-262	Izquierda	791	1		1	Peralte Defensa Existente Pretil de Parque Martinez	Pretil	105.912.400	20.123.356	126.035.757
Rahue	9	2	269-272	Izquierda	298	4	1	5	Defensa Nueva	Muro Hormigón	436.886.432	83.008.422	519.894.854
Forrahue	1	4	3-5	Derecha	70	3	1	4	Defensa Nueva	Gavion	96.139.367	18.266.480	114.405.847
Forrahue	2	4	12-26	Derecha	788	0,5		0,5	Peralte defensa existe Muro	Muro Hormigón	196.854.809	37.402.414	234.257.222
										Total	5.652.601.242	1.073.994.236	6.726.595.478

Nota: En Anexo I del Informe Final de la Consultoría, se incluye planillas con estimación de precios unitarios.

9.4.1 Encauzamiento

Básicamente, la alternativa de encauzamiento se plantea en las zonas donde se observa erosión de ribera producto del mal manejo de las obras de extracción de áridos.

En esta condición se pueden señalar los siguientes sectores:

a) Sector Cancura
b) Sector Casa de Lata
c) Puente Esperanza
d) Sector Las Quemas
e) Sector Caipulli

Finalmente, se puede señalar que los encauzamientos descritos podrían ser abordados por la DOH mediante el programa de Conservación de Riberas de Cauces naturales o a través del convenio existente con la Dirección de Vialidad por el uso de maquinaria tipo Buldozer.

10. Evaluación económica de los proyectos

El presente capítulo contiene la evaluación social de la construcción de las defensas fluviales que protegerán los distintos sectores de los ríos Rahue y Forrahue. Para este efecto, se utilizó como guía referencial la “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Defensas Fluviales” (Ministerio de Planificación, División de Planificación, Estudio e Inversión, 1992) y la “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias” (Ministerio de Desarrollo Social, División de Evaluación Social de Inversiones, 2013).

10.1 Área de Influencia y Zonas Beneficiadas por los proyectos

Se considera como área de influencia de los proyectos, el área afectada por las inundaciones del evento de período de retorno de 100 años (T=100). En la Tabla siguiente se resume el cálculo de la superficie protegida para cada uno de los sectores contemplados.

Tabla 10-1: Áreas beneficiadas por las defensas fluviales propuestas

Río	N° Defensa	PT	Ribera	N° Casas Afectadas	Área Industrial (m2)	Long Calle (m)
Rahue	1	227-243	Derecha	25	1560	735
Rahue	2	244-249	Derecha	2	0	0
Rahue	3	277-285	Derecha	478	0	855
Rahue	4	321-322	Derecha	2	0	249
Rahue	5	386-387	Derecha	10	0	0
Rahue	6	236-243	Izquierda	6	1250	714
Rahue	7	243-246	Izquierda	6	450	0
Rahue	8	254-262	Izquierda	85	672	791
Rahue	9	269-272	Izquierda	15	560	300
Forrahue	1	3-5	Derecha	3	0	0
Forrahue	2	12-26	Derecha	28	0	280

10.2 Estimación de los beneficios

Los beneficios de los proyectos de defensas fluviales corresponden al ahorro de recursos que implica evitar los daños que se generarían sin las obras de defensas. Dado que la existencia de una inundación y su severidad no son eventos ciertos, sino que existe una probabilidad de ocurrencia, desde el punto de vista económico se debe estimar el valor esperado de los daños evitados.

Los beneficios que se evaluaron corresponden a la reducción de pérdidas a la propiedad privada, reposición o conservación de vías, ahorro en los costos de mantención y evacuación de familias afectadas y valor residual de las obras.

10.3 Estimación de Costos

Los costos asociados a los proyectos de defensas fluviales son básicamente los costos de inversión y los costos de mantenimiento de las obras.

Los costos de inversión corresponden a los indicados en la Tabla 13-1, los que se llevan a precios sociales multiplicando por un factor de corrección de 0,95 el presupuesto sin IVA. de la obra.

10.4 Cálculo de VAN

Se consideró como horizonte de evaluación un período de 30 años y una tasa de descuento de 6%. Bajo estos supuestos, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 10-2: VAN Social de las defensas fluviales

Río	N° Defensa	PT	VAN Social (1)
Rahue	1	227-243	-1.900.866.930
Rahue	2	244-249	-282.006.025
Rahue	3	277-285	-4.237.361.403 (2) 227.638.597 (3)
Rahue	4	321-322	-408.719.814
Rahue	5	386-387	-534.338.043
Rahue	6	236-243	-1.181.540.019
Rahue	7	243-246	-280.586.577
Rahue	8	254-262	-2.890.457.921 (2) 183.055.840 (3)
Rahue	9	269-272	-243.485.794
Forrahue	1	3-5	-120.520.697
Forrahue	2	12-26	-163.725.017

Nota: (1) Para evaluar el Van Social, se consideró el 95% del costo directo de la obra (sin I.V.A.)
(2) Van Social considerando planta de bombeo
(3) Van Social sin considerar planta de bombeo.

11. Postulación de Proyectos de Inversión al Sistema de Estadísticas Básicas de Inversión (SEBI)

Definidas las defensas fluviales, conforme lo establecen los términos de referencia se proporcionan los antecedentes necesarios para la confección, por parte de los organismos pertinentes, de las fichas IDI correspondientes, a saber:

- Términos de Referencia

- Cronograma
- Presupuesto detallado
- Evaluaciones económicas
- Formulaciones de proyectos

No obstante lo anterior, los resultados de la evaluación económica muestran, para todas las obras propuestas, VAN sociales negativos por lo que estos proyectos no cumplen con la condición mínima de rentabilidad (VAN>0) para postular al SEBI.

Si bien en el caso de las defensas N°3 y N°8 (Pampa Alegre y Parque Martínez respectivamente) logran VAN positivo cuando no se incorpora el costo de las plantas de bombeo, se debe tener presente que la exclusiva implementación de las defensas fluviales no solucionará el problema de las inundaciones de ambas poblaciones.

11.1 Pertinencia de Ingreso al SEIA

Para las obras de defensas fluviales propuestas en la presente Consultoría, se realizó el análisis de pertinencia de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y de la forma de ingreso, vale decir, si ingresa como Declaración de Impacto Ambiental o como Estudio de Impacto Ambiental.

La información generada durante el desarrollo de la presente Consultoría, indica que el total de material movilizado para la ejecución de las obras de protección fluvial, es de 36.106 m^3 en el Río Rahue y de 7.536 m^3 en el Río Forrahue, por lo tanto estas obras no deberían someterse al SEIA.

No obstante, debido a que la ejecución de las obras se relaciona con ciertos componentes ambientales, como medio humano y patrimonio arqueológico (producto de las relocalizaciones de viviendas y obras propiamente tal), flora y fauna terrestre (por el despeje de terreno), flora /fauna íctica y calidad del agua (por la intervención del cauce), se recomienda realizar estudios de dichos componentes ambientales que aporten al desarrollo de ingeniería posterior, o bien, se sugiere ingresar al SEIA en forma voluntaria a través de una DIA, en cuyo caso los estudios de línea base quedan integrados.

12. Medidas no estructurales

Como ya se ha mencionado las medidas no estructurales corresponden a acciones destinadas a aminorar los problemas ocasionados por las crecidas del cauce en estudio, mediante la aplicación de disposiciones de tipo administrativo-legal y de gestión.

Las medidas no estructurales a considerar son las siguientes:

- Elaboración de Planes de Contingencia
- Elaboración de un Programa de Educación
- Elaboración de un Plan de Ordenamiento del Cauce
- Elaboración de un Programa de Promoción del Plan de Manejo

12.1 Planes de contingencia

En el corto plazo es muy probable que no se materialice la construcción y mejoramiento, a proponer, de todas las defensas fluviales y la posible reforestación de riberas que permitan un adecuado control del cauce. Por otra parte, aun en los sectores provistos de defensas, es posible que en algún momento se produzcan eventos extraordinarios de tal magnitud, que pudiesen superar a los caudales de diseño de dichas obras, afectando seriamente a la población.

Dado lo anterior se hace necesario contar con sistemas que permitan predecir y alertar a la población posibilitando tomar medidas apropiadas de prevención, las que podrían llegar a la evacuación de la población en casos de existir caudales capaces de generar inundaciones que los afecten, permitiendo reducir en forma importante las consecuencias sobre las personas y disminuir en algún grado la pérdida de bienes.

Una alternativa a considerar sería establecer un sistema de alerta de crecidas orientado a registrar y transmitir de manera automatizada a un sistema de información central la información hidrometeorológica, permitiendo la predicción con una antelación suficiente de las crecidas en los ríos Rahue y Forrahue.

Esta actividad se encontraría dentro de la línea de trabajo en desarrollo en la Dirección General de Aguas, por lo que el apoyo técnico requerido para su puesta en práctica correspondería básicamente a este servicio. La intervención de la Dirección de Obras Hidráulicas consistiría en promover y coordinar la medida; dirigir y gestionar las medidas de emergencia; y eventualmente participar en la elaboración de proyectos específicos que se requieran en esta materia.

El costo del Sistema de Alerta de crecidas considerando 1 estación fluviométrica es de $44.000.000. Al Además, es necesario agregar un monto mensual de $ 1.000.000 que contempla los costos de operación del sistema.

12.2 Programa de educación

De acuerdo a los recorridos de terreno, entrevistas y acciones de participación ciudadana ejecutadas, se ha detectado la necesidad de crear o reforzar, en muchos actores sociales, la conciencia sobre los problemas relacionados con el manejo de cauces, así como de los conceptos básicos que intervienen en su dinámica y comportamiento.

Dado lo anterior, se consideró proponer como parte de las medidas no estructurales un programa de educación cuyo objetivo sea promover la participación, conciencia y la acción planificada, de parte de todos los actores relevantes del sector público, privado y comunitario para enfrentar los problemas de manejo y conservación del cauce.

En este contexto, La DOH tiene la responsabilidad de promover las acciones para la formulación detallada del plan y desarrollar las componentes relacionadas con su quehacer, vale decir, lo relacionado con el uso y regulación de los cauces naturales.

La difusión de este plan así como la educación de la población respecto al uso y cuidado ambiental del cauce deberá contar con la participación de las organizaciones comunitarias como las juntas de vecinos, organizaciones indígenas, municipios a través de sus departamentos de educación, etc.

12.3 Plan de Ordenamiento del Cauce

Dentro del plan de manejo de cauces a elaborar, una de las medidas no estructurales más importantes consiste en la elaboración de un Plan de Ordenamiento. Este Plan estará compuesto por una serie de medidas cuyo objetivo es mantener un control sobre la explotación de los recursos asociados al cauce y un ordenamiento del uso de los territorios ribereños expuestos a los efectos de las crecidas.

Las medidas a proponer, dentro de este plan son las siguientes:

- Regulación Uso del Cauce
- Fijación Deslindes
- Ordenamiento para la Ocupación de Planicies Inundables
- Sistema de Vigilancia y Monitoreo

a) Regulación Uso del Cauce

El objetivo de esta medida se orienta a definir normas y procedimientos específicos para regular el uso del cauce, en lo que se refiere a la extracción de materiales áridos, bocatomas y otros usos que se pueda dar al cauce, tal como el turístico.

i) Extracción de Áridos

El objetivo es regular la actividad de extracción de áridos desde el cauce, de tal forma que ella se realice de manera planificada y controlada. Para tal efecto, el Plan Maestro propone sectorizaciones del río, estimando las tasas y volúmenes máximos de extracción por sector.

La zona aguas arriba de Osorno sería la más propicia para realizar extracciones de áridos, debido al comportamiento analizado del estudio de arrastre de sedimentos, pues es posible la recarga en este sector. Se debe tener presente que los resultados del modelamiento hidráulico indican que sólo en algunos tramos es propicia la labor de extracción de áridos. En la siguiente tabla se indican los sectores identificados y el volumen factible de extraer.

Tabla 12-1: Sectores recomendados para realizar extracciones de áridos

Sector		Vol estimado	Comentario
Desde	Hasta	m3/ año	
2.100	5.000	70.000	En esta zona se ubican las plantas de áridos de Jaime Rosas y Petromín
8.000	9.000	24.000	
25.000	28.000	140.000	Aguas abajo de esta zona se ubica la extracción de áridos de Adalberto Ide.
29.000	30.000	24.000	
36.000	37.000	30.000	

Los volúmenes estimados corresponden al valor medio de depositación de los tramos señalados, de acuerdo a la fórmula de Meyer, Peter y Müller.

ii) Bocatomas

Conforme a lo informado por la DGA, a la fecha no existen bocatomas regularizadas en los sectores en estudio. En este contexto, la actividad se centra en la regularización de las bocatomas existentes.

La responsabilidad de la puesta en marcha de esta medida está radicada en la DGA en los aspectos legales, de acuerdo a lo dispuesto en el Código de Aguas.

iii) Otros Usos

El objetivo es regular actividades que puedan alterar indirectamente el normal funcionamiento del cauce, tales como el turismo.

En este sentido, la utilización del cauce para estas actividades, debe necesariamente ser coordinada con el resto de las acciones que se desarrollan en el cauce y con los planes y proyectos de defensas fluviales. En esta coordinación y en la aprobación de obras a construir en los cauces, intervienen la DGA y la DOH, de acuerdo a lo dispuesto en el Código de Aguas.

b) Fijación de deslindes

Las acciones orientadas a la fijación de deslindes tienen como objetivo específico generar los antecedentes técnicos necesarios, requeridos por el Ministerio de Bienes Nacionales, para fijar deslindes de las propiedades ribereñas con el cauce natural, según sus atribuciones legales.

Esto permitirá establecer legalmente los límites de las propiedades ribereñas facilitando la concesión de permisos de extracción y otros usos por parte de las municipalidades respectivas.

Para la fijación de deslindes se deberán considerar las propiedades con posibles conflictos.

c) Ordenamiento del uso de las Planicies Inundables.

Este aspecto se refiere principalmente a la ocupación con fines urbanísticos de zonas que son recurrentemente inundadas, situación que debe ser normada por los planes reguladores comunales y/o intercomunales.

Mediante la determinación de las líneas de inundación para los distintos períodos de retorno que se generaron durante la presente Consultoría y que se entregan en Anexo de Planos, la DOH puede apoyar técnicamente a las Municipalidades afectadas, para que ellas puedan definir "Áreas de Restricción al Desarrollo Urbano" en los sectores ribereños del río expuestos a las inundaciones, delimitando las zonas de restricción a algunos tipos de nuevas edificaciones, como pudiesen ser aquellas destinadas a vivienda, comercio, industria, etc.

La responsabilidad de la puesta en marcha de esta actividad está radicada en las municipalidades respectivas.

d) Sistema de Vigilancia y Monitoreo

Se plantea el establecimiento de un sistema orgánico de vigilancia y monitoreo del cauce cuyo objetivo es asegurar el cumplimiento de los proyectos de extracción de áridos; la operación adecuada de las bocatomas; la conservación de la vegetación arbórea en las riberas; y evitar la ocupación ilegal y perjudicial de los lechos. (Botaderos de basura, escombros, construcciones ilegales de obras, etc.)

La vigilancia del cauce es una función que corresponde a las atribuciones de la DGA del MOP. Dichas atribuciones están establecidas en el Artículo 299 del Código de Aguas. En esta materia las Municipalidades deberán tener una activa participación en su rol de administrador de bienes nacionales de uso público, como son los cauces naturales, responsabilidad otorgada por la ley orgánica constitucional de Municipalidades en su artículo 5°.

Sin perjuicio de lo anterior, esta medida puede ser apoyada en forma relevante por las comunidades ribereñas, lo que está muy relacionado con los programas de educación y la coordinación interinstitucional.

El Monitoreo tiene por objetivo facilitar el seguimiento de los procesos que puedan afectar negativamente la morfología de los lechos del río en estudio.

12.4 Programa de Promoción del Plan

Para poner en marcha las acciones a proponer por el Plan de Manejo de Cauce y a su vez asegurar los objetivos de dicho plan se requiere de la participación coordinada de diversas instituciones públicas y privadas, así como de las organizaciones comunitarias ribereñas.

Dado lo anterior será necesario formular un programa de promoción cuyo objetivo sea permitir el trabajo en conjunto de las instituciones relacionadas con la puesta en marcha del plan. En todas estas instancias será fundamental incorporar a las autoridades regionales, tanto en al ámbito técnico como político.

En el siguiente cuadro se proponen las instancias de participación de las instituciones relacionadas con la ejecución de cada una de las acciones planteadas en el Plan de Manejo.

Tabla 12-2: Instituciones Relacionadas Con las Acciones a Proponer

Acción	Institución Relacionada										
	DOH	DGA	CONAF	Gobernación	Municipalidad	Ministerio de Bienes Nacionales	Organizaciones Comunitarias (JJVV, Uniones Comunales, etc.)	Departamento de Educación Municipales	SEA	Super Intendencia del Medio Ambiente	Ministerio del Medio Ambiente
Obras de defensa Fluvial	X				X		X		X		
Reforestación de ribera			X				X		X		X
Plan de contingencia	X	X		X	X		X				
Programa de educación	X	X			X		X	X			X
Regulación uso del suelo	X				X						
Fijación de deslindes	X					X	X				
Sistema de vigilancia y monitoreo	X	X			X		X			X	
Programa de promoción	X	X	X	X	X	X	X	X			X

Fuente: elaboración propia

13. Participación Ciudadana

Durante la consultoría se realizaron una serie de actividades de participación ciudadana. Durante la primera etapa se realizó un recorrido por el área de influencia y un reconocimiento de los principales actores relevantes a los cuales se les realizó una entrevista semi estructurada para conocer la situación del río Rahue en sus distintos puntos o comunas y desde diferentes ópticas. Es así, como se realizaron 8 entrevistas a representantes de los distintos municipios involucrados en el estudio y a representantes de la Gobernación e INDAP.

Las actividades de participación ciudadana quieren ser una instancia de entrega de información y de acoger las observaciones de la comunidad que se pueda ver afectada positiva o negativamente por los proyectos, es por ello que se realizaron reuniones de participación ciudadana en tres momentos claves del estudio, la primera, tercera y quinta etapa pudiendo así mantener contacto e información con las comunidades de Osorno, San Pablo, y Río Negro, además de una reunión con los servicios públicos y una al final del estudio con los extractores de áridos. Respecto a estas reuniones podemos mencionar los siguientes temas como los de mayor relevancia:

- En la comuna de Río Negro los participantes de las reuniones eran principalmente provenientes de Villa Punta Arenas, ya que este lugar se inunda y había tenido un gran evento en el invierno del 2014, lo que llevó a la comunidad del sector a organizarse y asistir a la reunión para conversar con la DOH sobre esta situación.

- En las Reuniones en San Pablo- Quilacahuín asistieron alrededor de 12 personas donde su principal preocupación es la inundación de un sector y los cortes de caminos que dejan aislada a una cantidad importante de personas de Quilacahuín. El acuerdo fue que la DOH sería el nexo con vialidad.

- En la primera reunión de Osorno participaron alrededor de 25 dirigentes de distintos sectores. Durante esta reunión no existió ningún tema que sobresaliera.
  En la segunda reunión asistieron sólo 10 personas, todas dirigentes sociales. Esta reunión fue muy participativa y el tema que sobresalió fue las inundaciones de la población Francke. En la tercera reunión, asistieron casi 100 personas provenientes del sector Francke, ya que habían sido sensibilizados por su dirigente respecto a que se encuentran en una zona de inundación y que su situación es de compleja solución.

- En las reuniones de servicios públicos, existió una buena convocatoria, sólo en la tercera reunión esta convocatoria descendió y se trató principalmente la situación del sector Francke de Osorno.

- En la instancia final se realizó una reunión con los extractores de áridos y se entregaron los resultados del estudio, información que fue muy bien recibida por los asistentes.

El detalle de la actividad de PAC a través de toda la Consultoría, se encuentra en informe aparte.